

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
4 janvier 2001 (04.01.2001)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 01/00630 A1

(51) Classification internationale des brevets: C07F 5/00,
C08G 63/08

[FR/FR]; 7B, Chemin de Charlas, F-31830 Plaisance du
Touch (FR). BERTRAND, Guy [FR/FR]; 1, rue Mont Val-
lier, F-31320 Pechbusque (FR). CAZAUX, Jean-Bernard
[FR/FR]; 73, rue Emile Jamais, F-30390 Aramon (FR).

(21) Numéro de la demande internationale:
PCT/FR0001752

(22) Date de dépôt international: 23 juin 2000 (23.06.2000)

(74) Mandataire: BOURGOIN, André; Beaufour Ipsen -
S.C.R.A.S., Direction de la Propriété Industrielle, 42, rue
du Docteur Blanche, F-75016 Paris (FR).

(25) Langue de dépôt: français

(26) Langue de publication: français

(30) Données relatives à la priorité:
99401584.0 25 juin 1999 (25.06.1999) EP

(81) États désignés (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE,
DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,
ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO,
NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US): SOCI-
ETE DE CONSEILS DE RECHERCHE ET D'APPLI-
CATIONS SCIENTIFIQUES (S.C.R.A.S.) [FR/FR];
51/53, rue du Docteur Blanche, F-75016 Paris (FR).
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCI-
ENTIFIQUE (C.N.R.S.) [FR/FR]; 3, rue Michel-Ange,
F-75794 Paris Cedex 16 (FR).

(84) États désignés (régional): brevet ARIPO (GH, GM, KE,
LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasi-
en (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen
(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU,
MC, NL, PT, SE), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement): DU-
MITRESCU, Anca [RO/FR]; Cité Universitaire de
Rangueil, Tripode A, Chambre 409, 118, route de Nar-
bonne, F-31062 Toulouse (FR). GORNITZKA, Heinz
[DE/FR]; 13, avenue du Petit Prince, F-31400 Toulouse
(FR). MARTIN-VACA, Blanca [ES/FR]; 91, avenue
d'Italie, F-31400 Toulouse (FR). BOURISSOU, Didier

Publiée:

— Avec rapport de recherche internationale.

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abrévia-
tions, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et
abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de
la Gazette du PCT.

(54) Title: POLYMERISATION CATALYSTS

(54) Titre: CATALYSEURS DE POLYMERISATION

(57) Abstract: The invention concerns novel compounds having a lanthanide and a tridentate ligand, a method for preparing them
and their use in particular as polymerisation catalysts.

(57) Abrégé: La présente invention concerne de nouveaux composés possédant un lanthanide et possédant un ligand tridentate, un
procédé pour leur préparation et leur utilisation notamment en tant que catalyseurs de polymérisation.

WO 01/00630 A1

CATALYSEURS DE POLYMERISATION

La présente invention concerne de nouveaux composés possédant un lanthanide et possédant un ligand tridentate, un procédé pour leur préparation et leur utilisation notamment en tant que catalyseurs de polymérisation.

- On connaît l'utilisation des dérivés des lanthanides comme catalyseurs pour la polymérisation et la copolymérisation d'oléfines (Gibson et coll., *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, (1999) 38, 428) et d'hétérocycles (Yao et coll., *J. Polymer. Sci. Part A : Polymer Chem.*, (1996) 34, 1799).

- Cependant il a été montré que chaque type de catalyseurs utilisés pour les polymérisations ou copolymérisations, donne respectivement des polymères ou des copolymères différents notamment en raison de réactions de transestérification qui conduisent à des inversions des centres stéréogènes (Jedlinski et coll., *Macromolecules*, (1990) 191, 2287 ; Munson et coll., *Macromolecules*, (1996) 29, 8844 ; Montaudo et coll., *Macromolecules*, (1996) 29, 6461). Le problème est donc de trouver des systèmes catalytiques nouveaux afin d'obtenir de nouveaux polymères ou copolymères, et plus particulièrement des copolymères séquencés.
- L'utilisation de systèmes catalytiques permettant d'obtenir des copolymères séquencés, permet le contrôle de l'enchaînement des monomères afin d'obtenir des copolymères spécifiques possédant des propriétés propres. Ceci est particulièrement intéressant pour les copolymères biocompatibles dont la biodégradation est influencée par cet enchaînement.

L'invention a ainsi pour objet les produits de formule générale 1



dans laquelle

M représente un lanthanide ;

R_M représente l'atome d'hydrogène, un atome d'halogène ou un radical alkyle, cycloalkyle, aryle, alkoxy, cycloalkoxy, aryloxy, alkylthio, cycloalkylthio, arylthio, amino, alkylamino, dialkylamino, cycloalkylamino,

di(cycloalkyl)amino, alkyl(cycloalkyl)amino, arylamino, diarylamino, alkylarylamino ou (cycloalkyl)arylamino ;

A et B représentent, indépendamment, une chaîne carbonée de 2 à 4 atomes de carbone, optionnellement substituée par l'un des radicaux substitués (par un ou plusieurs substituants identiques ou différents) ou non substitués suivants : alkyle, cycloalkyle ou aryle, dans lesquels ledit substituant est un atome d'halogène, le radical alkyle, nitro ou cyano ;

L₁, L₂ et L₃ représentent, indépendamment, un groupe de formule -E₁₅(R₁₅)- dans laquelle

E₁₅ est un élément du groupe 15 et

R₁₅ représente l'atome d'hydrogène ; l'un des radicaux substitués (par un ou plusieurs substituants identiques ou différents) ou non-substitués suivants : alkyle, cycloalkyle ou aryle, dans lesquels ledit substituant est un atome d'halogène, le radical alkyle, nitro ou cyano ; un radical de formule -E₁₄RR'' dans laquelle E₁₄ est un élément du groupe 14 et R, R' et R''

représentent, indépendamment, l'atome d'hydrogène ou l'un des radicaux substitués (par un ou plusieurs substituants identiques ou différents) ou non-substitués suivants : alkyle, cycloalkyle, aryle, alkoxy, cycloalkoxy, aryloxy, alkylthio, cycloalkylthio ou arylthio, dans lesquels ledit substituant est un atome d'halogène, le radical alkyle, nitro ou cyano ; ou un radical de formule -SO₂R'₁₅ dans laquelle R'₁₅ représente un atome d'halogène, un radical alkyle, haloalkyle ou aryle éventuellement substitué par un ou plusieurs substituants choisis parmi les radicaux alkyle, haloalkyle et halogène.

Dans les définitions indiquées ci-dessus, l'expression halogène représente un atome de fluor, de chlore, de brome ou d'iode, de préférence chlore. L'expression alkyle représente de préférence un radical alkyle ayant de 1 à 6 atomes de carbone linéaire ou ramifié et en particulier un radical alkyle ayant de 1 à 4 atomes de carbone tels que les radicaux méthyle, éthyle, propyle, isopropyle, butyle, isobutyle, sec-butyle et tert-butyle.

Le terme haloalkyle désigne de préférence les radicaux dans lesquels le radical alkyle est tel que défini ci-dessus et est substitué par un ou plusieurs atomes d'halogène tel que défini ci-dessus comme, par exemple, bromoéthyle, trifluorométhyle, trifluoroéthyle ou encore pentafluoroéthyle. Les radicaux alkoxy peuvent correspondre aux radicaux dans lesquels le radical alkyle est tel que défini ci-dessus. On préfère les radicaux méthoxy, éthoxy, isopropoxy ou tert-butoxy. Les radicaux alkylthio représentent de préférence les radicaux dans lesquels le radical alkyle est tel que défini ci-dessus comme, par exemple, méthylthio ou éthylthio. Les radicaux alkylamino et dialkylamino représentent de préférence les radicaux

dans lesquels le radical alkyle est tel que défini ci-dessus comme, par exemple, méthylamino ou diméthylamino.

Les radicaux cycloalkyles sont choisis parmi les cycloalkyles monocycliques saturés ou insaturés. Les radicaux cycloalkyles monocycliques saturés peuvent être choisis parmi les radicaux ayant de 3 à 7 atomes de carbone tels que les radicaux cyclopropyle, cyclobutyle, cyclopentyle, cyclohexyle ou cycloheptyle. Les radicaux cycloalkyles insaturés peuvent être choisis parmi les radicaux cyclobutène, cyclopentène, cyclohexène, cyclopentadiène, cyclohexadiène. Les radicaux cycloalkoxy peuvent correspondre aux radicaux dans lesquels le radical cycloalkyle est tel que défini ci-dessus. On préfère les radicaux cyclopropyloxy, cyclopentyloxy ou cyclohexyloxy. Les radicaux cycloalkylthio peuvent correspondre aux radicaux dans lesquels le radical cycloalkyle est tel que défini ci-dessus comme par exemple cyclohexylthio. Les radicaux cycloalkylamino et di(cycloalkyl)amino peuvent correspondre aux radicaux dans lesquels le radical cycloalkyle est tel que défini ci-dessus comme par exemple cyclohexylamino et di(cyclohexyl)amino.

Les radicaux aryles peuvent être de type mono ou polycycliques. Les radicaux aryles monocycliques peuvent être choisis parmi les radicaux phényle optionnellement substitué par un ou plusieurs radicaux alkyle, tels que tolyle, xylyle, mésityle, cuményle. Les radicaux aryles polycycliques peuvent être choisis parmi les radicaux naphthyle, anthryle, phénanthryle. Les radicaux aryloxy peuvent correspondre aux radicaux dans lesquels le radical aryle est tel que défini ci-dessus. On préfère les radicaux phénoxy, 2,4,6-tritertiobutylphénoxy, tolyloxy ou mésityloxy. Les radicaux arylthio désignent de préférence les radicaux dans lesquels le radical aryle est tel que défini ci-dessus comme par exemple dans phénylthio. Les radicaux arylamino et diarylamino désignent de préférence les radicaux dans lesquels le radical aryle est tel que défini ci-dessus comme, par exemple, phénylamino ou diphénylamino.

Les radicaux alkyl(cycloalkyl)amino peuvent correspondre aux radicaux dans lesquels les radicaux alkyle et cycloalkyle sont tels que définis ci-dessus comme, par exemple méthyl(cyclohexyl)amino. Les radicaux alkylarylaminos désignent de préférence les radicaux dans lesquels les radicaux alkyle et aryle sont tels que définis ci-dessus comme, par exemple méthylphénylamino. Les radicaux (cycloalkyl)arylaminos peuvent correspondre aux radicaux dans lesquels les radicaux cycloalkyle et aryle sont tels que définis ci-dessus comme, par exemple (cyclohexyl)phénylamino.

Les composés de formule 1 peuvent se présenter sous forme de monomère ou de dimère et plus particulièrement les composés de formule 1 dans laquelle M représente un atome de samarium se présentent généralement sous forme de dimère.

L'invention a plus particulièrement pour objet les produits de formule générale I telle que définie ci-dessus, caractérisée en ce que

R_M représente un atome d'halogène ;

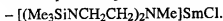
A et B représentent, indépendamment, une chaîne carbonée de 2 à 4 atomes de carbone ;

- 5 L_1 , L_2 et L_3 représentent, indépendamment, un radical de formule $-E_{15}(R_{15})-$ dans laquelle E_{15} est un atome d'azote ou de phosphore et R_{15} représente un radical alkyle ou un radical de formule $-E_{14}RR'R''$ dans laquelle E_{14} représente un atome de carbone ou de silicium et R , R' et R'' représentent, indépendamment, l'atome d'hydrogène ou un radical alkyle.

De préférence, M représente un atome de samarium. De préférence également, R_M représente un atome de chlore ; A et B représentent, indépendamment, une chaîne carbonée de 2 atomes de carbone ; L_1 , L_2 et L_3 représentent, indépendamment, un radical de formule $-E_{15}(R_{15})-$ dans laquelle E_{15} est un atome d'azote et R_{15} représente un radical méthyle, éthyle, propyle, isopropyle ou un radical de formule $-E_{14}RR'R''$ dans laquelle E_{14} représente un atome de silicium et R , R' et R'' représentent, indépendamment, l'atome d'hydrogène ou

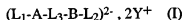
- 15 un radical méthyle, éthyle, propyle ou isopropyle.

Plus particulièrement, l'invention a pour objet le produit décrit ci-après dans les exemples, notamment le produit répondant à la formule suivante :



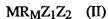
L'invention a également pour objet un procédé de préparation des produits de formule générale I telle que définie ci-dessus, caractérisé en ce que l'on fait réagir un produit de formule I

- 20



dans laquelle L_1 , A, L_3 , B et L_2 ont les significations indiquées ci-dessus et Y représente l'atome d'hydrogène, un métal ou un groupement organométallique, avec un produit de

- 25 formule II



dans laquelle M et R_M ont les significations indiquées ci-dessus et Z_1 et Z_2 représentent, indépendamment, un groupe partant, pour obtenir un produit de formule I telle que définie ci-dessus.

- 30 La réaction d'un composé de formule générale I avec un composé de formule générale II pour obtenir un composé de formule générale I, peut être réalisée sous atmosphère inerte telle sous atmosphère de fréon ou d'argon, dans un solvant aprotique, à une température comprise entre -90 et +50° C. Les composés I ainsi obtenus sont purifiés par les méthodes classiques de purification.

En tant que solvant aprotique, on peut utiliser les hydrocarbures aromatiques tels que benzène, toluène ; des hydrocarbures aliphatiques tels que pentane, heptane, hexane, cyclohexane ; des éthers tels que le diéthyléther, dioxane, tétrahydrofurane, éthyltertiobutyl éther.

- 5 Les composés de formule I peuvent comporter une ou plusieurs molécules de solvant coordinant utilisé lors du procédé de préparation. L'expression solvant coordinant représente un hydrocarbure aromatique tel que benzène, toluène ; un dialcyle éther cyclique ou acyclique tels que le diéthyléther, dioxane, tétrahydrofurane, éthyltertiobutyléther ; un solvant chloré tels que dichlorométhane, chloroforme ; un nitrile aliphatique ou aromatique
- 10 tels que acétonitrile, benzonitrile ; une cétone aliphatique ou aromatique, cyclique ou acyclique tels que acétone, acétophénone, cyclohexanone ; un dérivé d'acide carboxylique aliphatique ou aromatique, cyclique ou acyclique tels que acétate d'éthyle, diméthylformamide.

- Dans les composés I, Y représente l'atome d'hydrogène, un métal ou un groupement
- 15 métallique. Le groupement métallique peut être un composé de formule $R''M_1$ ou R''_3M_2 dans laquelle R'' représente un atome d'halogène ou indifféremment un radical alkyle, cycloalkyle, aryle, alkoxy, cycloalkoxy ou aryloxy définis comme précédemment, M_1 est un alcalino-terreux tel que le magnésium ou un atome de zinc ou de mercure et M_2 un atome d'étain ou de plomb ; de préférence, le groupement métallique est choisi parmi les
- 20 groupements MgBr, ZnMe, SnMe₃, SnBu₃ ou PbMe₃. Le métal peut être un métal alcalin choisi parmi le lithium, le sodium ou le potassium.

- Dans les composés II, Z_1 et Z_2 représentent, indépendamment un groupe partant tel qu'un atome d'halogène, un groupement alkyle, cycloalkyle, alkoxy, aryle ou aryloxy défini comme précédemment, ou encore un méthanesulphonyloxy, un benzènesulphonyloxy,
- 25 p-toluènesulphonyloxy.

Les produits de départ de formule I sont des produits connus ou peuvent être préparés à partir de produits connus. Pour leur synthèse, on peut citer les références suivantes : Cloke et coll., J. Chem. Soc., Dalton Trans. (1995) 25; Wilkinson and Stone, Comprehensive Organometallic Chemistry (1982) vol. 1, 557.

- 30 Les produits de formule II sont commerciaux ou peuvent être fabriqués par les méthodes connues de l'homme de métier.

L'invention a également pour objet l'utilisation des produits de formule I telle que définie ci-dessus, en tant que catalyseurs pour la mise en œuvre de (co)polymérisation, c'est à dire de polymérisation ou copolymérisation. Lors de la mise en œuvre de (co)polymérisation, les

composés selon l'invention jouent également le rôle d'initiateur et/ou de régulateur de chaînes.

Les composés de formule 1 sont particulièrement intéressants pour la mise en œuvre de polymérisation d'hétérocycles. Les hétérocycles peuvent contenir un ou plusieurs hétéroatomes des groupes 15 et/ou 16, et posséder une taille allant de trois à huit chaînons. A titre d'exemple d'hétérocycles répondant à la formulation ci-avant, on peut citer les époxydes, les thioépoxydes, les esters ou thioesters cycliques tels que les lactones, les lactames et les anhydrides.

Les composés de formule 1 sont particulièrement intéressants également pour la mise en œuvre de (co)polymérisation d'esters cycliques. A titre d'exemple d'esters cycliques, on peut citer les esters cycliques polymères de l'acide lactique et/ou glycolique. Des copolymères statistiques ou séquencés peuvent être obtenus selon que les monomères sont introduits ensemble au début de la réaction, ou séquentiellement au cours de la réaction.

L'invention a également pour objet un procédé de préparation de copolymères, séquencés ou aléatoires, ou de polymères qui consiste à mettre en présence un ou plusieurs monomères, un initiateur et/ou un régulateur de chaînes, un catalyseur de polymérisation et éventuellement un solvant de polymérisation, le dit procédé caractérisé en ce que l'initiateur et/ou le régulateur de chaînes et le catalyseur de polymérisation sont représentés par le même composé qui est choisi parmi les composés de formule (1) telle que définie ci-dessus.

La (co)polymérisation peut s'effectuer soit en solution soit en surfusion. Lorsque la (co)polymérisation s'effectue en solution, le solvant de la réaction peut être le (ou l'un des) substrat(s) mis en œuvre dans la réaction catalytique. Des solvants qui n'interfèrent pas avec la réaction catalytique elle-même, conviennent également. A titre d'exemple de tels solvants, on peut citer les hydrocarbures saturés ou aromatiques, les éthers, les halogénures aliphatiques ou aromatiques.

Les réactions sont conduites à des températures comprises entre la température ambiante et environ 250° C ; la plage de température comprise entre 40 et 200° C s'avère plus avantageuse. Les durées de réaction sont comprises entre quelques minutes et 300 heures, et de préférence entre 5 minutes et 72 heures.

Ce procédé de (co)polymérisation convient particulièrement bien pour l'obtention de (co)polymères d'esters cycliques, notamment les esters cycliques polymères de l'acide lactique et/ou glycolique. Les produits obtenus tels que le copolymère lactique glycolique, biodégradables, sont avantageusement utilisés comme support dans des compositions thérapeutiques à libération prolongée. Le procédé convient particulièrement bien également à la polymérisation des époxydes, notamment de l'oxyde de propène. Les polymères obtenus

sont des composés qui peuvent être utilisés pour la synthèse de cristaux liquides organiques ou encore comme membranes semi-perméables.

L'invention concerne également des polymères ou copolymères susceptibles d'être obtenus par la mise en œuvre d'un procédé tel que décrit ci-dessus. La polydispersité (M_w/M_n) des (co)polymères ainsi obtenus peut être modifiée en laissant le mélange réactionnel à la température de la réaction après que la conversion du (des) monomère(s) soit totale. Les masses des (co)polymères sont peu affectées lors de ce processus. Ces phénomènes sont dus à des réactions de transestérifications inter- ou intra-moléculaires (Kiecheldorf et coll., *Macromolecules*, (1988) 21, 286).

- 10 Les exemples suivants sont présentés pour illustrer les procédures ci-dessus et ne doivent en aucun cas être considérés comme une limite à la portée de l'invention.

Exemple 1 : $[(Me_3SiNCH_2CH_2)_2NMe]SmCl$ (sous forme de dimère avec une molécule de tétrahydrofurane coordonnée sur chaque centre métallique)

$M = Sm$; $R_M = Cl$; $A = B = -CH_2CH_2-$; $L_1 = L_2 = NSiMe_3$; $L_3 = NMe$

- 15 Dans un tube de Schlenk muni d'un barreau aimanté et purgé sous argon, on introduit successivement 1,22 g (4,7 mmol) de $[(Me_3SiNCH_2CH_2)_2NMe]^{2-}$, $2Li^+$ et 10 ml de tétrahydrofurane. Le mélange réactionnel est refroidi à $-78^\circ C$, puis on introduit une suspension de 1,20 g (4,7 mmol) de $SmCl_3$ dans du tétrahydrofurane. Le mélange réactionnel est ramené à température ambiante puis laissé sous agitation pendant 4 heures à température ambiante. Après évaporation du solvant, le résidu est repris au toluène puis filtré. Après évaporation du solvant, un solide blanc est obtenu. Le composé souhaité est isolé sous forme de cristaux blancs par cristallisation à $-20^\circ C$ dans du toluène (5 ml) (rendement 70 %). Ce composé est caractérisé par spectroscopie de résonance magnétique multinucléaire et diffraction des rayons-X (Figure 1 et Tableau 1 ci-dessous). Point de fusion : $173^\circ C$.

Exemple 2 : Préparation d'un copolymère (D,L-lactide / glycolide) aléatoire ayant une composition lactide/ glycolide proche de 70/30

- Dans un tube de Schlenk muni d'un barreau aimanté et purgé sous argon, on introduit successivement 0,05 g (0,1 mmol) de $[(Me_3SiNCH_2CH_2)_2NMe]SmCl$, 2,1 g (14,6 mmol) de D,L-lactide et 0,72 g (6,2 mmol) de glycolide. Le mélange réactionnel est laissé sous agitation à $180^\circ C$ pendant 1 heure. Une analyse par RMN du proton permet de vérifier que la conversion des monomère est de 93 % de lactide et 94 % de glycolide. Le rapport des intégrales des signaux correspondant à la partie polylactide (5,20 ppm) et polyglycolide (4,85 ppm) permet d'évaluer la composition du copolymère à 66 % de lactide et 34 % de glycolide. Selon une analyse par GPC, à l'aide d'un étalonnage réalisé à partir de

standards de PS de masses 761 à 400000, ce copolymère est un mélange de macromolécules ($M_w/M_n = 2,95$) de masses assez élevées ($M_w = 37500$ Dalton).

Exemple 3 : Préparation d'un copolymère (D,L-lactide / glycolide) aléatoire ayant une composition lactide/ glycolide proche de 50/50

- 5 Dans un tube de Schlenk muni d'un barreau aimanté et purgé sous argon, on introduit successivement 40 mg (0,08 mmol) de $[(Me_3SiNCH_2CH_2)_2NMe]SmCl$, 1,87 g (13 mmol) de D,L-lactide et 1,48 g (13 mmol) de glycolide et 4 ml de mesitylène. Le mélange réactionnel est laissé sous agitation à 180° C pendant 4 heures. Une analyse par RMN du proton permet de vérifier que la conversion des monomères est de 100 % de lactide et de
- 10 100 % de glycolide. Le rapport des intégrales des signaux correspondant à la partie polylactide (5,20 ppm) et polyglycolide (4,85 ppm) permet d'évaluer la composition du copolymère à 50 % de lactide et 50 % de glycolide. Selon une analyse par GPC, à l'aide d'un étalonnage réalisé à partir de standards de PS de masses 761 à 400 000, ce copolymère est un mélange de macromolécules ($M_w/M_n = 1,53$) de masses élevées
- 15 ($M_w = 34000$ Dalton).

Exemple 4 : Préparation d'un copolymère (D,L-lactide / glycolide) aléatoire de masses élevées

- Dans un tube de Schlenk muni d'un barreau aimanté et purgé sous argon, on introduit successivement 0,05 g (0,1 mmol) de $[(Me_3SiNCH_2CH_2)_2NMe]SmCl$, 2,1 g
- 20 (14,6 mmol) de D,L-lactide et 0,72 g (6,2 mmol) de glycolide. Le mélange réactionnel est laissé sous agitation à 160° C pendant 30 minutes. Une analyse par RMN du proton permet de vérifier que la conversion des monomères est de 71 % de lactide et 100 % de glycolide. Le rapport des intégrales des signaux correspondants à la partie polylactide (5,20 ppm) et polyglycolide (4,85 ppm) permet d'évaluer la composition du copolymère à 61 % de lactide
- 25 et 39 % de glycolide. Selon une analyse par GPC, à l'aide d'un étalonnage réalisé à partir de standards de PS de masses 761 à 400000, ce copolymère est un mélange de macromolécules ($M_w/M_n = 1,56$) de masses élevées ($M_w = 169000$ Dalton).

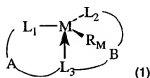
Exemple 5 : Modification de la composition, de la masse et de la polydispersité d'un copolymère (D,L-lactide / glycolide)

- 30 Dans un tube de Schlenk muni d'un barreau aimanté et purgé sous argon, on introduit successivement 0,050 g (0,1 mmol) de $[(Me_3SiNCH_2CH_2)_2NMe]SmCl$, 2,095 g (10,1 mmol) de D,L-lactide et 1,68 g (10,1 mmol) de glycolide. Le mélange réactionnel est laissé sous agitation à 160° C. Après 1 heure, la conversion des monomères est de 44 % de lactide et 100 % de glycolide selon une analyse par RMN du proton et le rapport des
- 35 intégrales des signaux correspondants à la partie polylactide (5,20 ppm) et polyglycolide

(4,85 ppm) permet d'évaluer la composition du copolymère à 42 % de lactide et 58 % de glycolide. Selon une analyse par GPC, à l'aide d'un étalonnage réalisé à partir de standards de PS de masses 761 à 400000, ce copolymère est un mélange de macromolécules ($M_w/M_n = 1,73$) de masses assez élevées ($M_w = 28265$ Dalton). Après 2 heures
5 30 minutes de plus à 160° C, la conversion de lactide atteint 96 %. La composition du copolymère est alors 49 % de lactide et 51 % de glycolide. L'analyse GPC d'un aliquot montre que la dispersité et la masse ont augmenté ($M_w/M_n = 1,84$; $M_w = 47200$ Dalton).

Tableau 1 : Longueur des liaisons sélectionnées (en Angström) et angles de liaison (en degré) pour le composé de l'exemple 1

Sm(1)-N(1)	2,290 (12) Å	N(2)-C(6)	1,516 (17) Å
Sm(1)-N(2)	2,574 (9) Å	N(2)-C(7)	1,482 (17) Å
Sm(1)-N(3)	2,299 (12) Å	C(7)-C(8)	1,50 (2) Å
N(1)-Si(1)	1,678 (12) Å	C(8)-N(3)	1,461 (18) Å
N(3)-Si(2)	1,695 (12) Å	Sm(1)-O(1)	2,519 (8) Å
N(1)-C(4)	1,494 (17) Å	Sm(1)-Cl(1)	2,773 (3) Å
C(4)-C(5)	1,508 (19) Å	Sm(1)-Cl(2)	2,797 (3) Å
C(5)-N(2)	1,470 (16) Å		
N(1)-Sm(1)-N(2)	68,9 (3) °	Sm(1)-N(1)-C(4)	116,5 (8) °
N(2)-Sm(1)-N(3)	71,5 (4) °	Sm(1)-N(3)-C(8)	118,7 (9) °
N(1)-Sm(1)-N(3)	124,1 (4) °	Sm(1)-N(2)-C(5)	97,7 (7) °
N(1)-Sm(1)-Cl(1)	104,0 (3) °	Sm(1)-N(2)-C(6)	121,1 (8) °
N(1)-Sm(1)-Cl(2)	122,1 (3) °	Sm(1)-N(2)-C(7)	107,0 (7) °

REVENDICATIONS**1. Composés de formule générale 1**

dans laquelle

- 5 M représente un lanthanide ;
 R_M représente l'atome d'hydrogène, un atome d'halogène ou un radical alkyle, cycloalkyle, aryle, alkoxy, cycloalkoxy, aryloxy, alkylthio, cycloalkylthio, arylthio, amino, alkylamino, dialkylamino, cycloalkylamino, di(cycloalkyl)amino, alkyl(cycloalkyl)amino, arylamino, diarylamino, alkylaryl amino ou (cycloalkyl)aryl amino ;
- 10 A et B représentent, indépendamment, une chaîne carbonée de 2 à 4 atomes de carbone, optionnellement substituée par l'un des radicaux substitués (par un ou plusieurs substituants identiques ou différents) ou non substitués suivants : alkyle, cycloalkyle ou aryle, dans lesquels ledit substituant est un atome d'halogène, le radical alkyle, nitro ou cyano ;
- 15 L_1 , L_2 et L_3 représentent, indépendamment, un groupe de formule $-E_{15}(R_{15})-$ dans laquelle E_{15} est un élément du groupe 15 et R_{15} représente l'atome d'hydrogène ; l'un des radicaux substitués (par un ou plusieurs substituants identiques ou différents) ou non-substitués suivants : alkyle, cycloalkyle ou aryle, dans lesquels ledit substituant est un atome d'halogène, le radical alkyle, nitro ou cyano ; un radical de formule $-E_{14}RR'R''$ dans laquelle E_{14} est un élément du groupe 14 et R, R' et R'' représentent, indépendamment, l'atome d'hydrogène ou l'un des radicaux substitués (par un ou plusieurs substituants identiques ou différents) ou non-substitués suivants : alkyle, cycloalkyle, aryle, alkoxy, cycloalkoxy, arylthio, alkylthio, cycloalkylthio ou arylthio, dans lesquels ledit substituant est un atome d'halogène, le radical alkyle, nitro ou cyano ; ou un radical de formule $-SO_2R'_{15}$ dans laquelle R'_{15} représente un atome d'halogène, un radical alkyle, haloalkyle ou aryle éventuellement substitué par un ou
- 20
- 25
- 30

plusieurs substituants choisis parmi les radicaux alkyle, haloalkyle et halogène.

2. Composés de formule générale 1 telle que définie à la revendication 1, caractérisés en ce qu'ils se présentent sous forme de monomère ou dimère.

- 5 3. Composés de formule générale 1 telle que définie à l'une des revendications 1 à 2, caractérisés en ce que

R_M représente un atome d'halogène ;

A et B représentent, indépendamment, une chaîne carbonée de 2 à 4 atomes de carbone ;

L_1 , L_2 et L_3 représentent, indépendamment, un radical de formule $-E_{15}(R_{15})-$ dans laquelle

- 10 E_{15} est un atome d'azote ou de phosphore et R_{15} représente un radical alkyle ou un radical de formule $-E_{14}RR'R''$ dans laquelle E_{14} représente un atome de carbone ou de silicium et R, R' et R'' représentent, indépendamment, l'atome d'hydrogène ou un radical alkyle.

4. Composés de formule générale 1 telle que définie à l'une des revendications 1 à 3, caractérisés en ce que M représente un atome de samarium.

- 15 5. Composés de formule générale 1 telle que définie à l'une des revendications 1 à 4, caractérisés en ce que R_M représente un atome de chlore ; A et B représentent, indépendamment, une chaîne carbonée de 2 atomes de carbone ; L_1 , L_2 et L_3 représentent, indépendamment, un radical de formule $-E_{15}(R_{15})-$ dans laquelle E_{15} est un atome d'azote et

- 20 R_{15} représente un radical méthyle, éthyle, propyle, isopropyle ou un radical de formule $-E_{14}RR'R''$ dans laquelle E_{14} représente un atome de silicium et R, R' et R'' représentent, indépendamment, l'atome d'hydrogène ou un radical méthyle, éthyle, propyle ou isopropyle.

6. Composés de formule générale 1 telle que définie à l'un des revendications 1 à 5 et répondant à la formule suivante :

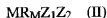
- 25 $-[(Me_3SiNCH_2CH_2)_2NMe]SmCl.$

7. Composés de formule générale 1 telle que définie à la revendication 6, caractérisés en ce qu'ils se présentent sous forme de dimère.

8. Procédé de préparation des produits de formule générale 1 telle que définie à la revendication 1, caractérisé en ce que l'on fait réagir un produit de formule I

- 30 $(L_1-A-L_3-B-L_2)^{2-}, 2Y^+ \quad (I)$

dans laquelle L_1 , A, L_3 , B et L_2 ont les significations indiquées à la revendication 1 et Y représente l'atome d'hydrogène, un métal ou un groupement organométallique, avec un produit de formule II



dans laquelle M et R_M ont les significations indiquées à la revendication 1 et Z_1 et Z_2 représentent, indépendamment, un groupe partant, pour obtenir un produit de formule I.

5 9. Utilisation des produits de formule I telle que définie à l'une des revendications 1 à 7, en tant que catalyseurs de polymérisation ou copolymérisation.

10. Utilisation selon la revendication 9 pour la polymérisation ou copolymérisation d'hétérocycles, notamment les époxydes.

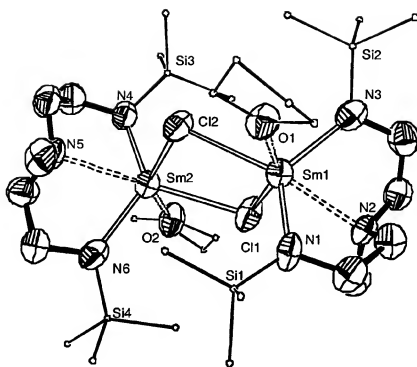
11. Utilisation selon la revendication 9 pour la polymérisation ou copolymérisation d'esters cycliques, notamment les esters cycliques polymères de l'acide lactique et/ou glycolique.

10 12. Procédé de préparation de copolymères, séquencés ou aléatoires, ou de polymères qui consiste à mettre en présence un ou plusieurs monomères, un initiateur et/ou un régulateur de chaînes, un catalyseur de polymérisation et éventuellement un solvant de polymérisation, le dit procédé caractérisé en ce que l'initiateur et/ou le régulateur de chaînes et le catalyseur de polymérisation sont représentés par le même composé qui est choisi parmi les composés de
15 formule (I) telle que définie à l'une des revendications 1 à 7.

13. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que le monomère est choisi parmi les époxydes, et notamment l'oxyde de propène, ou les esters cycliques, et notamment les esters cycliques de l'acide lactique et/ou glycolique.

20 14. Polymères ou copolymères susceptibles d'être obtenus par la mise en œuvre d'un procédé selon l'une des revendications 12 ou 13.

Fig. 1



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/FR 00/01752

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 C07F5/00 C08G63/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 C07F C08G

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

CHEM ABS Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	HUBERT-PFALZGRAF, L.G. ET AL.: "synthesis and characterization of volatile cerium(IV) hexafluoroisopropoxide complexes. Structure of (hpmdien)2Ce(och(cf3)2)6" JOURNAL OF THE CHEMICAL SOCIETY, DALTON TRANSACTION, 1982, pages 1929-1932, XP002119069 * see compound 7 and 8 *	1
A	BRITOVSEK, G.J.P. ET AL.: "the search for new-generation olefin polymerization catalysts: life beyond metallocenes" ANGEWANDTE CHEMIE INTERNATIONAL EDITION, ENGLISH, 1999, pages 428-447, XP002119070 cited in the application * see pages 432-433, section 2.2 *	9

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☐ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

S document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 September 2000

Date of mailing of the international search report

29/09/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3019

Authorized officer

Rinkel, L

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Don e internationale No
PCT/FR 00/01752

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 C07F5/00 C08G63/08

Selon la classification internationale des brevets (CIS) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 C07F C08G

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)
CHEM ABS Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	HUBERT-PFALZGRAF, L.G. ET AL.: "synthesis and characterization of volatile cerium(IV) hexafluoroisopropoxide complexes. Structure of (hpmdien)2Ce(och(cf3)2)6" JOURNAL OF THE CHEMICAL SOCIETY, DALTON TRANSACTION, 1982, pages 1929-1932, XP002119069 *Voir composition 7 et 8*	1
A	BRITOVSEK, G.J.P. ET AL.: "the search for new-generation olefin polymerization catalysts: life beyond metallocenes" ANGEWANDTE CHEMIE INTERNATIONAL EDITION, ENGLISH, 1999, pages 428-447, XP002119070 cité dans la demande *Voir pages 432-433, section 2.2*	9

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☐ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tout autre moyen
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

Z document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

18 septembre 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

29/09/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentkan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Rinkel, L